

富山の雨と酸性雨

朴 木 英 治

はじめに

雨による被害といえば、すぐに集中豪雨による水害を思い浮かべますが、最近では、このほかに酸性の強い雨・酸性雨の被害などについてテレビや新聞などでよく話題になっています。

酸性雨は日本ではもちろん、世界のいろいろな国で降っていて、建物がいたんだり、森林が枯れたり、湖に魚がすめなくなったりする問題がでているところがあります。

日本では、環境庁が中心となって全国で調査していますが、その結果、日本中で酸性雨が降っていることがわかりました。

富山県内では、小杉町にある公害センター、富山市庁舎、高岡市庁舎などで一週間ごとに酸性雨の観測が行われているほか、科学文化センターや林業試験場でも観測しています。

今日は雨に溶けている成分の話や、富山市で観測された酸性雨の状況を紹介します。

雨はミックスジュース

雨となって落ちてくる水のふるさとの多くは、海です。

海の水は太陽に熱せられて蒸発し、空の上で冷えて雲となり、やがて雨となって地上に落ちてきます。これは実験室で蒸留水を作るのと同じ原理です。

普通、蒸留水というと、中に何も溶けていない

表1. 海水の主要成分(塩素量19.00パーミルの海水について)

陽イオン	濃度 (mg/kg)
ナトリウムイオン	10,556
カリウムイオン	380
マグネシウムイオン	1,272
カルシウムイオン	400
陰イオン	濃度 (mg/kg)
塩化物イオン	18,980
硫酸イオン	2,649

表2. 海水以外から雨に溶け込んでくる成分

陽イオン	陰イオン
カルシウムイオン	硫酸イオン
アンモニウムイオン	硝酸イオン

きれいな水のことを思い浮かべますが、雨水の中には、濃度は低いのですが、いろいろな所から出てきた成分がさまざまな割合で溶けています。

その一つは、海の塩分です。表1は海水に溶けている主な成分とその濃度です。雨の中の成分を調べるとこれらがすべて入っていることがわかります。

一方、人間活動の結果、雨を酸性にする成分の多くが作り出され、雨の中にとけ込んでいます。

また、場所によっては火山の噴気が雨の酸性化に関係しているところもあります。(表2)。

雨の中にはこれらの成分以外にも、たくさんのものでとけ込んでいます。ただし、その濃度は、表にあるものよりも低いものがほとんどです。

雨の中に溶けているもの

表3は科学文化センターの屋上で観測した、昨年の7月の雨と11月の雨の平均の濃度の比較です。

7月の雨は、一般に、もととなる水蒸気が太平洋で作られます。そして、日本海側に向けて雨が降り進んでくるうちに、ナトリウムイオンや塩化物イオンなどの海の塩分は雨に溶けてどんどん減っていくため、富山で雨となって降る頃には、これらの濃度はたいへん低くなります。

一方、硫酸イオンやカルシウムイオンは人間活動などによって作り出されるので、雨に溶けて降ってしまっても、いろいろな所から補給されるため、これらの濃度は、海の塩分からの成分の濃度よりも高くなります。

逆に季節風の影響が強まる11月では、雨や雪のもととなる水蒸気がすぐ近くの日本海で作られるので、ナトリウムイオンや塩化物イオンの濃度がとても高くなります。

しかも、日本海に強い寒気が入るほどその濃度が高まる傾向も見られます。

このときは、硫酸イオンの濃度も7月に比べ高くなっています。また、雨の酸性度を示すpHも少し低くなっています。

表1からわかるように、硫酸イオンは海水の中

表3. 7月と11月の雨の平均組成(ろ過式採水器試料による)

降 水 量	7 月	11 月
	203.5 mm	254.5 mm
pH	4.89	4.87
ナトリウムイオン	0.02	2.22
カリウムイオン	0.01	0.12
カルシウムイオン	0.30	0.32
マグネシウムイオン	0.02	0.37
アンモニウムイオン	0.28	0.38
塩化物イオン	0.10	4.05
硫酸イオン	1.56	2.58
硝酸イオン	0.71	0.60
ex. 硫酸イオン	1.56	2.02

pH以外の単位はmg/ℓ

にも入っているので、雨の中の塩分の量が増えれば、当然、硫酸イオンの量は増えても良いのですが、富山を含め日本海側では、冬の期間には、夏の期間に比べ、海水からきた分以上に硫酸イオンの量が増えるので、その増えた分がどこから来るのかということが酸性雨の研究の一つのテーマにもなっています。

さて、ここで少し一般的な酸性雨の説明をしましょう。

どんな雨が酸性雨

水の酸性度を調べる装置に pH (ピーエイチ) 計というものがあります。また、精度は落ちますが、簡単に計るときには、pHによって色が変わるpH指示薬やpH試験紙を使って、そのときの色の变化からpHを調べることもできます。

pHの表示は0から14まであり、7のときが中性、7よりも小さいと酸性で、数字が小さいほど強い酸性を、7よりも大きいとアルカリ性で、数字が大きいほど強いアルカリ性を意味します。

さて、雨の酸性度を調べるとたいていはpHが7よりも小さく、酸性であることがわかりますが、酸性雨というとpHが5.6以下の雨のことをいいます。

というのは、水の中に空気中の炭酸ガスが十分溶けて炭酸になるとpHが5.6の酸性になるためです。もし、雨の中の酸性物質が炭酸だけのときは、計算上はこれ以下になりません。

富山でも、pHが5.6以下の雨がよく降りますが、これは、雨の中に、炭酸より強い酸が入っているためです。

酸性雨の犯人は……

炭酸より強い酸で、酸性雨の原因となる成分は、硝酸と硫酸です。

硝酸は、燃料を燃やしたときに、空気中の窒素と酸素が結びついてできた窒素酸化物がさらに変わってできるもので、一台一台からの量は少なくとも、毎日たくさん走りまわる自動車の排気ガスは大きな発生源の一つです。

一方、硫酸は、工場や火力発電所で使う石油や石炭などの中に入っていた硫黄分が燃えて、これが硫酸に変わって雨にとけ込んだものや、火山の噴気の中に入っている亜硫酸ガスなどが硫酸に変わって、雨にとけ込んだものなどがあります。

火山の噴出物からできる硫酸を除いて、硝酸も硫酸も、人間が、燃料を燃やしてエネルギーを取り出すことによってできてくるわけです。

硫酸イオンの発生源

さて、雨に溶けている酸の量を調べるときは、それを硝酸や硫酸そのものとして調べるのはむづかしいので、これらが水に溶けたときに出てくる硝酸イオンと硫酸イオンの量を調べます。

雨の中の硝酸イオンは、すべて硝酸から出てきたと考えることができますが、硫酸イオンの場合はちょっと問題があります。

表1からもわかるように、硫酸イオンは海水からも雨の中に入ってきます。海水から来た硫酸イオンは雨の酸性化には関係がないので、酸性雨を考えると、雨の中に海水以外から来た硫酸イオンがどれだけあるかを調べなくてはなりません。

このため、まず、海水から来た硫酸イオンがどれだけあるかを計算します。この時に、次のような約束をします。

“海水から雲のなかに入る塩分の組成は途中で変わらず、海水と同じである”とするのです。

この約束により、海水以外からはほとんど雨のなかに溶け込まないと考えられる成分、例えばナトリウムイオンの濃度を調べることにより、海水から来た硫酸イオンの量が推定できます。

次に、雨の中の硫酸イオンから、海水から来た分を差し引くと、雨の酸性化に関係している硫酸から出てきたと考えられる硫酸イオン・ex. 硫酸イ

オンの量がわかります(ex.=エクセスと読む 過剰の意味)。

酸性雨を弱めてくれる成分

空気中には酸性雨を弱めてくれるものがあります。アンモニアや、ほこりの中にあるカルシウム分などがそうです。

これらの成分は、雨の中の硝酸や硫酸の量が同じならば、たくさん溶けていればいるほど、雨の酸性度を弱めてくれます。

雨の酸性度は雨の中に溶けている硝酸や硫酸の量とその酸を中和するカルシウムイオンやアンモニウムイオンの量とのバランスで決まるようです。

富山市内で酸性雨の調査をしていると、ときたま中性に近い雨を観測しますが、溶けている成分を調べてみると、雨を酸性にする成分が全くないのではなく、酸が十分に中和されたためだということがわかります。

酸性雨の被害

日本では、酸性雨と酸性のほこりによると考えられる杉林への被害が、関東地方の一部で報告されています。この他には酸性雨の被害として確認された事例はあまり聞かないようです。

しかし、ヨーロッパではさまざまな酸性雨の被害が出ています。例えば建物や屋外の彫刻などが酸性雨にあたることによって表面がぼろぼろになってきます。

植物に対する直接的な被害では、酸性雨にあたったためにまず葉がいたんで枯れ、さらに木が弱って枯れたりします。広葉樹よりも針葉樹の方がこの被害に弱いそうです。

また、健康な土には酸性雨の酸を中和する働きがありますが、長く酸性雨にさらされていると、この働きがなくなってしまいます。

こうなってしまうと、たいへん大きな被害につながります。

まず、土の酸性が強くなると、植物に有害なアルミニウムという金属がイオンとなって溶けだし、これによって植物の根がいたんで枯れてしまいます。

また、普通の川の水は、特に酸性の強い温泉水でも入らない限り、たいていはpHがほぼ7前後で中性なのですが、土が酸性化すると、雨水が中和

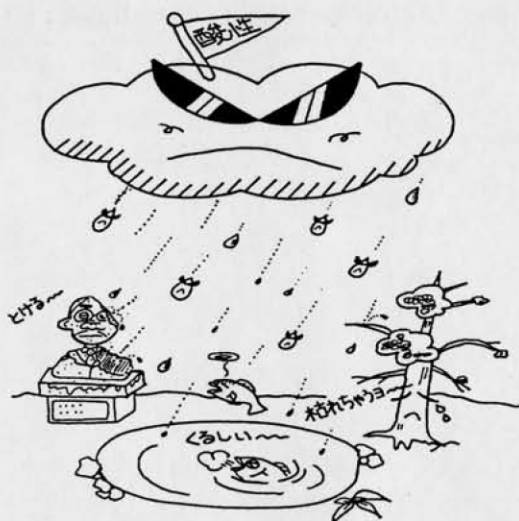


図1. 酸性雨の被害

されず、川や湖の水が酸性となり水の中の生き物がすめなくなります。

河や湖のpHが6以下になるとプランクトンや水生植物がへるために、これを餌とする魚が少なくなります。また同時に、卵がふ化しにくくなったり、エラがいたんだりします。pHが4.5以下になると多くの生き物がすめなくなってしまいます。

こんな状態になってしまうと、もとに戻すことはなかなかできません。北ヨーロッパでは酸性になって魚などがまったくすめなくなった湖がたくさんあるそうです。日本ではまだ土の中和能力が強いためか、ここまでひどくなっているところはありません。でも、日本の酸性雨の状況がこのまま続けば、そう遠くない時期に被害が目に見えるようになるかも知れません。

富山市内でも酸性雨が降っている

富山市の環境整備課では、昭和60年の6月から市役所の屋上で毎週一回、決まった曜日に雨の採集容器を回収し、酸性雨の観測をしています。

その平均のpHは表4のようになっています。

昭和62年度までは平均のpHは5程度ですが、昭和63年以降は少し下がっています。

また、pHが4以下のかかなり酸性の強い雨も観測されています。

場所による酸性雨のちがい

科学文化センターでは昨年6月から、酸性雨と、

表4. 富山市の降水の酸性度

年度	61	62	63	平成1
平均	4.9	5.0	4.5	4.5
最低	4.4	4.4	3.3	3.6
最高	6.5	6.6	6.6	6.5

富山市環境整備課による

雨やほこりによって地上に運ばれてくる成分の場所によるちがいを調べるため、市内3箇所を観測を行なっています。

雨を採取している場所は、北部の工場地帯の中にある萩浦地区センターと、市の中心部に近い科学文化センター(西中野町)、そして、水田の中に新興住宅地の広がる郊外の月岡地区センターの3箇所です(今年はこのほかに浜黒崎の地区センターでも観測をしています)。

科学文化センターで行っている酸性雨の観測方法は、富山市の環境整備課の方法と違うので、得られたデータは単純に比較できませんが今年3月までの観測結果は表5のようになりました。

酸性が最も強い雨は萩浦地区センターで観測されましたが、平均のpHで見ると、萩浦地区センターがいちばん高く、月岡地区センターが最も低くなっています。

また、雨や雪のpHの分布をまとめたものが表6です。この表でみると工場地帯の萩浦で、中性に近い雨がときどき降っていることがわかります。この雨は、さきほど説明した、十分中和された雨です。

科学文化センターや月岡地区センターではこのような雨はほとんど観測されませんでした。

雨の中の成分の量を調べてみると、萩浦では雨を酸性にする成分が多くても、それを中和する成分も多くあるため、酸性雨が弱まっていると考えることができます。

また、月岡では、酸性物質の量は萩浦に比べて少なくとも、それを中和する成分の量が少し足りないため、萩浦に比べて酸性度が強まったのではないかと考えることができます。

科学文化センターの屋上はその中間といえるでしょうか。

なお、この観測結果の詳しいデータは平成2年度に発行する科学文化センター研究報告(第14号)に載せる予定です。

表5. 富山市内の酸性雨の分布
(平成1年6月～平成2年3月)

	萩浦地区 センター	科学文化 センター	月岡地区 センター
試料数	35	35	31
平均pH	4.89	4.85	4.75
最小pH	4.25	4.29	4.32
最大pH	6.72	5.94	6.50

おわりに

酸性度も含めて、雨や雪に溶けている成分の濃度は雨によってさまざまです。しかし、これらの観測結果を見なおしてみると、海から来る塩分のようにはっきりとした季節変化を示し、その濃度と寒気の強さに関係が見られるのと同じように、もしかしたらその他の成分や酸性度などにも、降水量や風向など富山の気象との間に何か関係が見られるかも知れません。

雨の観測はこの先もずっと続け、このなぞときをしてみたいと思っています。

(ほうのき ひではる 化学担当)

表6. 雨や雪のpHの分布
(1989年6月～1990年3月)

	萩浦地区 センター	科学文化 センター	月岡地区 センター
試料数	35	35	31
pH 範囲			
4.20—4.39	2	2	2
4.40—4.59	5	5	5
4.60—4.79	6	9	13
4.80—4.99	8	8	3
5.00—5.19	1	1	4
5.20—5.39	2	5	1
5.40—5.59	1	3	
これより上が酸性雨			
5.60—5.79	1	1	2
5.80—5.99		1	
6.00—6.19	1		
6.20—6.39	4		
6.40—6.59	3		
6.60—6.79	1		